

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-107945

(43)Date of publication of application : 09.04.1992

(51)Int.Cl. H01L 21/66
G01N 21/88

(21)Application number : 02-227170

(71)Applicant : HITACHI LTD
HITACHI TOKYO ELECTRON CO
LTD

(22)Date of filing : 29.08.1990

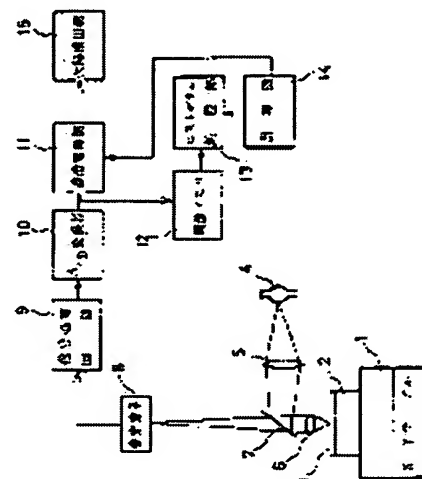
(72)Inventor : TANIGUCHI YUZO
SAITO MIKITO
HORI GIICHI
YODA HARUO

(54) AUTOMATIC VISUAL INSPECTOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To detect a deficiency with high sensitivity by providing a histogram processing means for obtaining the variable-density distribution of the picture of the pattern of an object to be inspected and an operating means for operating an optimum concentration transformation based on processing results of the histogram processing means and setting the obtained function in a concentration converter.

CONSTITUTION: The reflected light of a semiconductor wafer 3 passes through a half mirror 7 to image a pattern on a light-intercepting element 8. A picture signal photoelectrically transferred by the light-intercepting element 8 is amplified by a signal processing circuit 9 and formed into a multiple gradation picture signal by an A/D converter 10. The output signal of the A/D converter 10 is inputted to a concentration converter 11 and picture memory 12 and inputted to a histogram processor 13 for counting the frequency distribution of the variable-density value of a picture information read from this picture memory 12. The processing results of the histogram processor are read by a computer 14. The computer 14 calculates an optimum concentration transformation based on data of a variable-density histogram to set the function value in the concentration converter 11. The concentration-converted signal is applied to a deficiency detector 15 for the purpose of conducting the detection of deficiency. Thus, it is always possible to detect a deficiency with high sensitivity.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than

the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

⑫ 公開特許公報(A)

平4-107945

⑤ Int. Cl.⁵

H 01 L 21/66
G 01 N 21/88
H 01 L 21/66

識別記号

J
E
Z

庁内整理番号

7013-4M
2107-2J
7013-4M

④ 公開 平成4年(1992)4月9日

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全9頁)

⑭ 発明の名称 自動外観検査装置

② 特 願 平2-227170

② 出 願 平2(1990)8月29日

⑦ 発 明 者 谷 口 雄 三

東京都小平市上水本町5丁目20番1号 株式会社日立製作所武蔵工場内

⑦ 発 明 者 斎 藤 幹 人

東京都小平市上水本町5丁目20番1号 株式会社日立製作所武蔵工場内

⑦ 発 明 者 堀 義 一

東京都青梅市藤橋3丁目3番地2 日立東京エレクトロニクス株式会社内

⑦ 出 願 人 株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

⑦ 出 願 人 日立東京エレクトロニクス株式会社

東京都青梅市藤橋3丁目3番地2

⑦ 代 理 人 弁理士 筒井 大和

最終頁に続く

明 細 書

1. 発明の名称

自動外観検査装置

2. 特許請求の範囲

1. 被検査物の表面からの反射光を光電変換し、そのデジタル化した画像信号に対する出力信号を任意の関数として設定する濃度変換部を備えた自動外観検査装置であって、前記被検査物のパターンの画像の濃淡分布を求めるヒストグラム処理手段と、該ヒストグラム処理手段の結果に基づいて最適濃度変換式を演算し、該変換式により求められた関数を前記濃度変換部に設定する演算手段とを設けたことを特徴とする自動外観検査装置。

2. 前記演算手段は、前記画像信号の平均値または中央値を前記濃度変換部の入力信号とし、その出力信号が出力範囲の中央値になるように濃度変換式を算出することを特徴とする請求項1記載の自動外観検査装置。

3. 前記濃度変換式を決定する係数に上限及び下

限を設けることを特徴とする請求項2記載の自動外観検査装置。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は物体の表面の外観を検査する技術、特に、半導体装置の製造工程における外観検査を自動的に行うために用いて効果のある技術に関するものである。

〔従来の技術〕

一般に画像の処理においては、検査対象をテレビカメラなどで撮像し、その画像情報に対する濃度変換(入力濃度に対して出力濃度を変換する)を行い、これに対しコントラスト強調、出力濃度分布の平坦化を行う手法が用いられている。この種の技術には、例えば、「画像認識論」長尾真著、昭和58年2月15日、コロナ社発行、30頁～35頁に記載がある。

ところで、本発明者は、半導体ウェハ、基板、マスク、レチクル、液晶などの外観検査を画像処理を用いて行う場合の濃度変換の問題について検

討した。

以下は、本発明者によって検討された技術であり、その概要は次の通りである。

すなわち、半導体ウェハでは、その製造工程が十数回にわたるパターンの焼付け、多層の絶縁膜の被着を繰り返しているため、パターンの形状、光の反射率が各工程段階及び製品により不同である。このため、検出感度が最適になるように調節する必要がある。

〔発明が解決しようとする課題〕

ところが、前記の如く半導体ウェハの外観検査を濃度変換を用いて行う場合、各工程段階、製品のウェハに対し、常に最適な濃度変換式を与える手段について配慮がなされていないため、最適な検出感度にする事ができず、検出感度は相対的に低くならざるを得ないという問題のあることが本発明者によって見出された。

そこで、本発明の目的は、常に最適な濃度変換式を決定し、欠陥検出感度を向上させることのできる技術を提供することにある。

強調するような濃度変換が行われ、逆に、濃度分布が平均的に明るい場合には、明るい部分を強調するように濃度変換が行われる。これにより、常に、最適な濃度変換式を適用することができ、欠陥を高感度に検出することが可能になる。

〔実施例〕

第1図は本発明による自動外観検査装置の一実施例を示すブロック図である。

X方向及びY方向へ自在に移動可能なX-Yテーブル1の上面にはウェハ載置台2が取り付けられ、このウェハ載置台2上に半導体ウェハ3がセットされる。一方、被検査物である半導体ウェハ3の表面を照明するために光源4が設けられ、その光路上に集光レンズ5が配設されている。

半導体ウェハ3の上部には対物レンズ6が配設され、この上部でかつ集光レンズ5の出射光路上にハーフミラー7が配設されている。さらに、対物レンズ6の合焦位置には受光素子8が配設されている。受光素子8には、その画像信号を増幅するための信号処理回路9が接続され、この信号処

本発明の前記目的と新規な特徴は、本明細書の記述および添付図面から明らかになるであろう。

〔課題を解決するための手段〕

本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、以下の通りである。

すなわち、被検査物の表面からの反射光を光電変換し、そのデジタル化した画像信号に対する出力信号を任意の関数として設定する濃度変換部を備えた自動外観検査装置であって、前記被検査物のパターンの画像の濃度分布を求めるヒストグラム処理手段と、該ヒストグラム処理手段の結果に基づいて最適濃度変換式を演算し、該変換式により求められた関数を前記濃度変換部に設定する演算手段とを設けるようにしたものである。

〔作用〕

上記した手段によれば、濃度分布の集中は濃度分布集中部の濃度付近にパターンの濃度が集中していることを意味し、パターンの濃度分布が平均的に暗い方に分布している場合には、暗い部分を

理回路9にはアナログ信号をデジタル信号に変換するためのA/D変換部10が接続されている。

A/D変換部10には、濃度変換部11及び画像メモリ12が接続され、画像メモリ12にはヒストグラム処理部13（ヒストグラム処理手段）が接続されている。また、濃度変換部11及びヒストグラム処理部13には、演算手段としての計算法14が接続されている。さらに、濃度変換部11には欠陥検出部15が接続され、その出力が欠陥信号になる。

以上の構成において、外観検査を行うには、まず、ウェハ載置台2上に半導体ウェハ3を載置し、光源4を点灯する。その出力光は、集光レンズ5を経てハーフミラー7に到達し、さらに対物レンズ6によって半導体ウェハ3上に到達する。半導体ウェハ3の照明部分の反射光は、ハーフミラー7を通過して受光素子8にパターンを結像する。受光素子8によって光電変換された画像信号は、信号処理回路9によって増幅され、A/D変換部10によって多階調の画像信号にされる。

A/D変換部10の出力信号は濃度変換部11及び画像メモリ12に入力され、この画像メモリ12から読み出された画像情報の濃淡値の頻度分布を計数するヒストグラム処理部13に入力される。その処理結果は計算機14によって読み込まれる。計算機14は、濃淡ヒストグラムのデータをもとに最適濃度変換式を算出し、その関数値を濃度変換部11に設定する。

濃度変換された信号は、欠陥検出部15に印加され、これによって欠陥の検出が行われる。この欠陥検出部15は、濃度変換部11の出力信号を遅延した信号と遅延しない信号との差分をとり、その結果と予め設定されたスレッシュホールド信号との比較により欠陥信号を生成する。

第2図は濃度変換部11の入・出力構成を示す回路図である。

濃度変換部11はメモリを用いて構成され、入力データがアドレス入力(A)、出力データがデータバス(D)になる。その入力側にはスイッチ16が接続され、出力側にはスイッチ17が接続

されている。

計算機14から濃度変換式の値を書き込む場合、スイッチ16を計算機14のアドレスバスに接続し、スイッチ17をデータバスに接続し、計算機14で指定したアドレスに濃度変換式のデータを書き込む。一方、実検査時はスイッチ16をA/D変換部10の出力(V_{in})側にし、スイッチ17を出力(V_o)側にする。

このとき、 V_{in} の値に相当する濃度変換式の値が出力として読み出される。したがって、前記メモリにどのような値を書き込むかにより、任意の濃度変換を行うことができる。

第3図は本発明における濃度変換特性を示し、図中の関数1は明るい濃度部分を強調するための特性、関数2は入・出力が1対1の直線関係にするための特性、関数3は暗い濃度部分を強調する特性を示している。因みに、従来は1つの関数を用いて処理していた。

第4図及び第5図は欠陥の一例を示す平面図である。第4図は比較的暗いパターン上に暗い欠陥

がある場合(例えば、ボンディングパッド)を示し、コントラストが低く欠陥の検出は行いにくい。また、第5図は比較的明るいパターン上に暗い欠陥がある場合(パターンが多い部分)であり、下地と欠陥の濃度のコントラストが大きいので欠陥検出は容易である。なお、第5図では、パターンの周辺が段差を有しているため、その段差部分が黒い筋に見える。このように、欠陥の濃度と欠陥の存在の有無によって、欠陥の検出のし易さが異なる。

第6図は濃淡ヒストグラムを説明する入力と頻度の関係を示す特性図である。

一般に、チップ内のパターンの濃度分布は、パターンの密な部分が第6図(a)のように幅広い濃度分布を示し、パターンが疎な部分は第6図(b)のように下地部の濃度値付近でピークを持つような特性になる。

したがって、チップ内の複数点の濃度分布を累計すると、パターンの密な部分の占める割合が多い場合には、第6図(c)に示すように、パターンの

密な部分の特性に良く似た分布を示すようになる。

ここで、第6図の(a)、(b)、(c)の各々の濃度分布の平均値 V_{av} をとると、その位置は第6図の各図に示すように、各濃度分布によって異なる。本実施例では、第6図(c)の平均値 V_{av} がチップ内の濃度分布を代表する濃度平均値になる。したがって、平均値 V_{av} が入力中央値より小さい場合、すなわち平均的にパターンが暗いときには第3図に示した関数3のように暗い部分を強調し、平均値 V_{av} が入力中央値より大きい場合には第3図中の関数1のように明るい部分を強調することにより、相対的に入・出力の関係を平均化することができる。

本発明が対象とする半導体ウェハのように、濃淡分布が偏ったものについて分布を一様にする方法としてよく用いられる手法がヒストグラム等化法(入力画像の累積ヒストグラムをもとに出力信号の濃淡分布を一様にする方法)であるが、ウェハの濃淡分布は鋭いピークを有する。ヒストグラム等化法の弱点は急峻なピークをもったものの場

合、累積ヒストグラムの傾きが急になりすぎる結果、出力信号の誤差が大きくなり、半導体ウェハなどの検査には適しない。

なお、非線形補正法の代表的なものとして対数変換法があるが、補正の度合いを任意に決めることは難しい。そこで、本発明では、後記するように非線形補正の程度をパラメータで変更できるようにしている。

次に、最適濃度変換式の求め方について説明する。

ここで、 $V_o = f(V_{in}(K))$ という関数を考える。この関数では、係数 K の値によって第3図の関数1、関数2、関数3のような変換式が与えられる。このように、非線形補正程度をパラメータ変更できるようにすることにより、補正の度合いを任意に決めることが可能になる。

最適な濃度変換式は、 $V_{in} = V_{max}$ 、すなわち入力値が濃度平均値のとき、出力 V_o が出力範囲の最大値 V_{max} の $1/2$ の値になるような点（第7図のA点）を通るような濃度変換式を与えるよ

なお、極端な非線形変換が行われるのを防止するため、係数 K に上限及び下限を設定することも可能である。

第8図は計算機14による処理例を示すフローチャートである。

まず、受光素子8による画像信号が取り込まれ、画像メモリ12に格納される（ステップ81）。ついでヒストグラム処理部13によってヒストグラム処理が行われる（ステップ82）。計算機14ではヒストグラムデータを加算（ステップ83）して累積を行い、それが N 回実行されたか否かが判定され（ステップ84）、 N 回の実行終了が判定されると、濃度平均値 X への算出が行われる（ステップ85）。

こののち、次式に示す最適濃度補正係数 K の算出が行われる（ステップ86）。ここで、入力を X 、出力を $F(X)$ とすると、非線形補正の制限条件は、

$$\text{両端の条件： } F(0) = 0、$$

$$F(255) = 255、$$

うな係数 K を逆算して求めることにより達成される。

いま、一例として、

$$V_o = K V_{in}^2 + (1 - K V_{max}) V_{in}$$

という2式曲線を用いた場合、濃度変換式は次のようになり、特性は第12図のように表される。

$$K = 0 \text{ のとき、 } V_o = V_{in}$$

・・・特性は下に凸。

$$K = 1/V_{max} \text{ のとき、 } V_o = V_{in}^2 / V_{max}$$

・・・特性は直線。

$$K = -1/V_{max} \text{ のとき、}$$

$$V_o = -\frac{1}{V_{max}} (V_{in} - V_{max})^2 - V_{in}^2$$

・・・特性は上に凸。

このように、係数 K によって濃度変換式を変えることができる。係数 K は次のようになる。

$$K = \frac{V_o - V_{in}}{V_{in}^2 - V_{max} \cdot V_{in}}$$

そこで、 $V_o = V_{max} / 2$ 、 $V_{in} = V_{max}$ を代入することにより、係数 K を逆算することができる。

$$\text{単調増加関数： } dF(X)/dX > 0、$$

$$X = 0, 255、$$

を満足しなければならない。

このような条件を満たす補正式は、次のように直線と二次曲線の組合せが考えられる。

$$F(X) = (2KX - X^2)(K - 1) / 255 / (1 + K) \cdots (1)$$

式(1)では、 $2KX$ が直線を表し、 $X^2(K - 1)$ が二次曲線を表している。この場合、 K の値によって $F(X)$ は次のようになり、係数 K の値によってコントラストの強調度合いを変えることができる。

$$K = 0 \text{ のとき、 } F(X) = X^2 / 255$$

$$K = 1 \text{ のとき、 } F(X) = X$$

$$K \rightarrow \infty \text{ のとき、 } F(X) = 2X - X^2 / 255$$

このようにして得られた $F(X)$ は（ステップ87）、濃度変換部11に $F(X)$ データとして設定される（ステップ88）。

そこで、濃淡ヒストグラムの平均値が暗ければ、その程度に応じて非線形補正の程度を変える。す

なわち、濃淡ヒストグラムの平均的な値（例えば、平均値）が出力の平均的な値になるように非線形補正係数を決定する。

$$K = (\bar{X}^2 / 255 - F(\bar{X})) / (F(\bar{X}) + \bar{X}^2 / 255 - 2\bar{X}) \quad \dots (1)$$

ここで、入力Xに上限及び下限を決めた場合について説明する。

例えば、濃淡ヒストグラムの累積ヒストグラムが第9図のようになる場合、この時の濃淡平均値は $\bar{X} = 82.6$ であり、式(2)に代入すると $K = 1.0$ になる。この係数をもとに第9図を補正すると、第10図及び第11図のようになる。第10図は入力に上限及び下限を設けない場合であり、第11図は設けた場合である。

なお、入力値に上下限を設けることにより飽和特性が得られ、ノイズの影響の低減、誤検出の低減、コントラスト向上による検出感度の向上、及びパターンのエッジ部がハレーションによって極度に光る状態、正常なパターンであっても反射率

トマスク、液晶、ディスク、プリント基板などの外観検査に適用することができる。

〔発明の効果〕

本願において開示される発明のうち、代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば下記の通りである。

すなわち、被検査物の表面からの反射光を光電変換し、そのデジタル化した画像信号に対する出力信号を任意の関数として設定する濃度変換部を備えた自動外観検査装置であって、前記被検査物のパターンの画像の濃淡分布を求めるヒストグラム処理手段と、該ヒストグラム処理手段の結果に基づいて最適濃度変換式を演算し、該変換式により求められた関数を前記濃度変換部に設定する演算手段とを設けるようにしたので、検出部に疎、密の分布が異なる場合でも、常に、最適な濃度変換式を適用することができ、欠陥を高感度に検出することが可能になる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明による自動外観検査装置の一実

が無くギラギラ光る状態、パターンエッジの暗い段差部分の明るさがばらつく状態などの改善を図ることが可能になる。

以上、本発明によってなされた発明を実施例に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施例に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることは言うまでもない。

例えば、濃度変換式の係数が逆算できないような場合、入力平均値 V_{av} に対応して複数の式を予め用意しておき、入力平均値 V_{av} に応じて選択するようにしてもよい。

また、上記実施例では入力平均値 V_{av} を基準にして濃度変換式を求めているが、このほか濃度ヒストグラムのメディアンを用いて求めることも可能である。

また、以上の説明では、主として本発明者によってなされた発明をその利用分野である半導体ウェハの外観検査に適用する場合について説明したが、これに限定されるものではなく、例えば、ホ

施例を示すブロック図、

第2図は濃度変換部の入・出力構成を示す回路図、

第3図は本発明における濃度変換特性を示す特性図、

第4図は密なパターンのウェハにおける欠陥の一例を示す平面図、

第5図は明るいパターンのウェハにおける欠陥の一例を示す平面図、

第6図(a)、(b)、(c)は濃淡ヒストグラムを説明する入力と頻度の関係を示す特性図、

第7図は最適濃度変換式を求めるための説明図、

第8図は計算機による処理例を示すフローチャート、

第9図は濃淡ヒストグラムの累積ヒストグラムの一例を示す測定図、

第10図は非線形補正後の上下限無しの場合の累積濃淡ヒストグラム図、

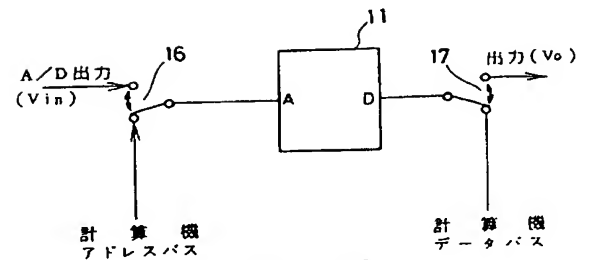
第11図は非線形補正後の上下限有りの累積濃淡ヒストグラム図、

第12図は係数Kに応じた非線形補正特性図である。

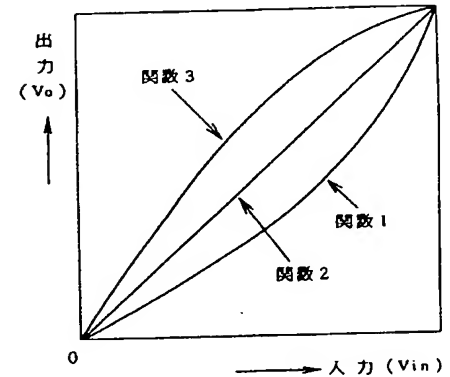
1・・・X-Yテーブル、2・・・ウェハ載置台、3・・・半導体ウェハ、4・・・光源、5・・・集光レンズ、6・・・対物レンズ、7・・・ハーフミラー、8・・・受光素子、9・・・信号処理回路、10・・・A/D変換部、11・・・濃度変換部、12・・・画像メモリ、13・・・ヒストグラム処理部、14・・・計算機、15・・・欠陥検出部、16、17・・・スイッチ。

代理人 弁理士 筒井大和

第2図

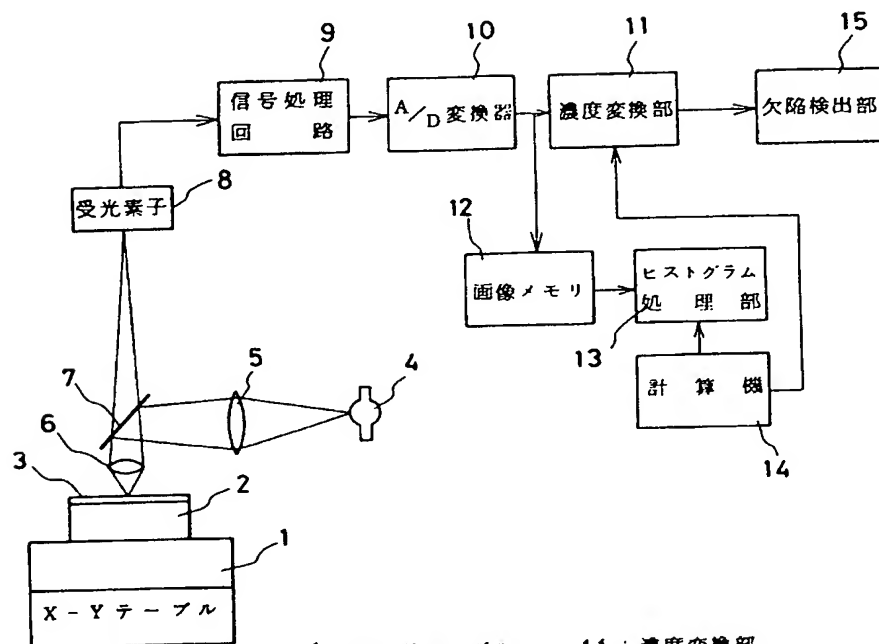


第3図



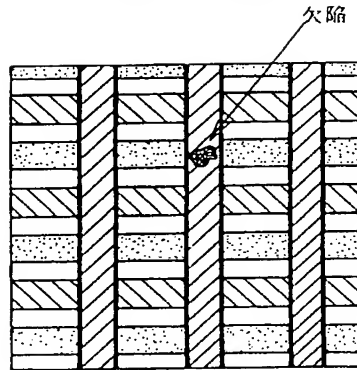
11: 濃度変換部
16, 17: スイッチ

第1図

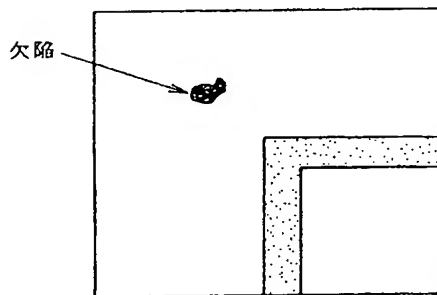


1: X-Yテーブル
2: ウェハ載置台
3: 半導体ウェハ
4: 光源
5: 集光レンズ
6: 対物レンズ
7: ハーフミラー
8: 受光素子
9: 信号処理回路
10: A/D変換器
11: 濃度変換部
12: 画像メモリ
13: ヒストグラム処理部
14: 計算機
15: 欠陥検出部

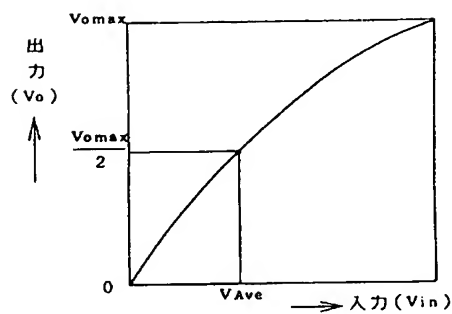
第 4 図



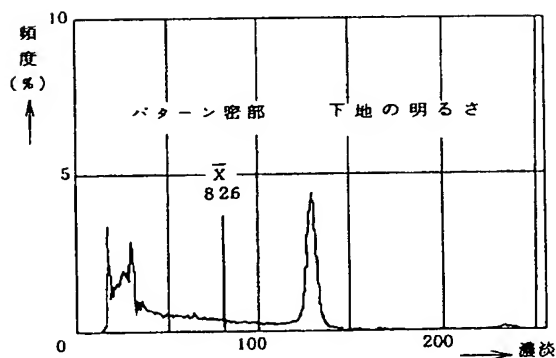
第 5 図



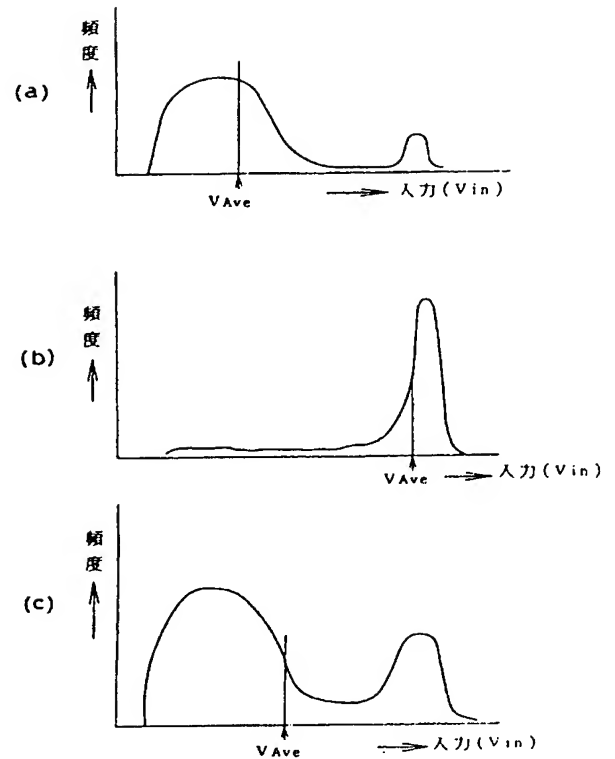
第 7 図



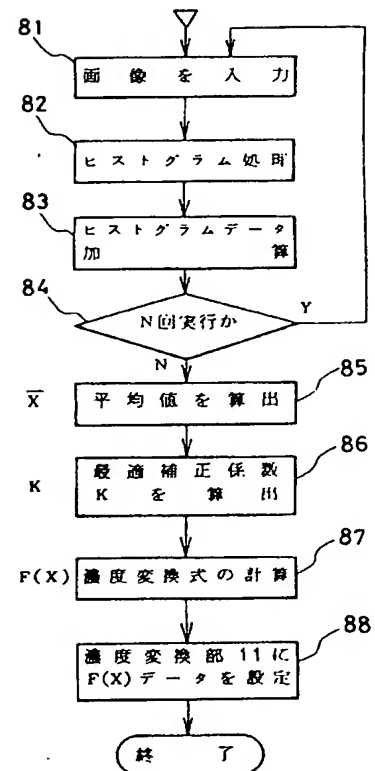
第 9 図



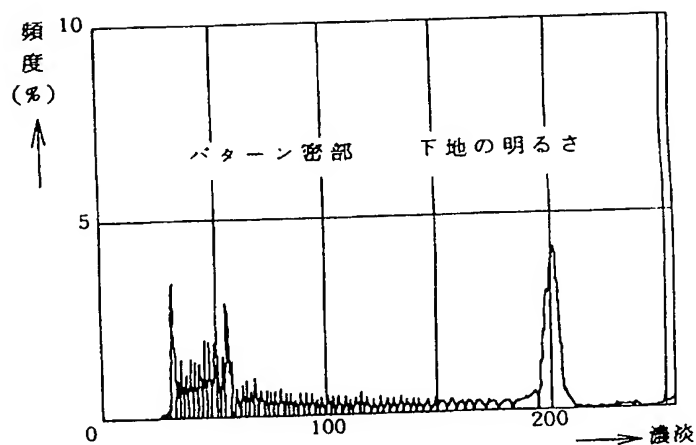
第 6 図



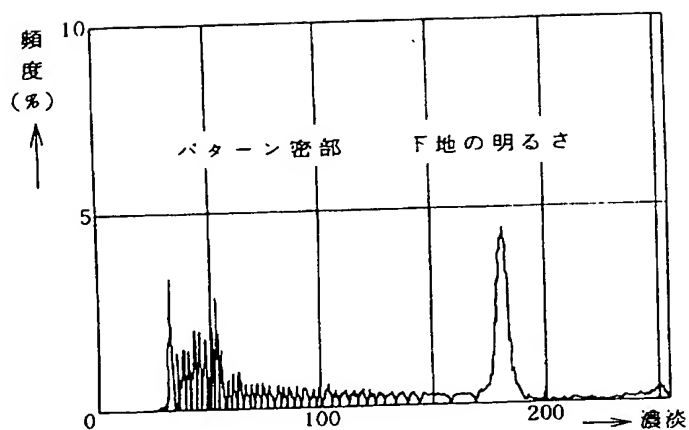
第 8 図



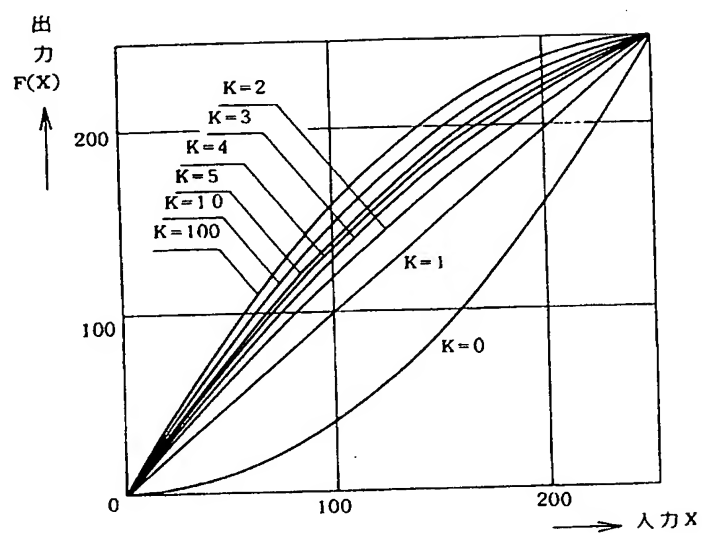
第 11 図



第 10 図



第 12 図



第1頁の続き

⑦発明者

依田

晴夫

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目28番地 株式会社日立製作
所中央研究所内